



## **Středoškolská technika 2016**

**Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT**

# **ÚSPORA ENERGIE PŘI ZATEPLENÍ**

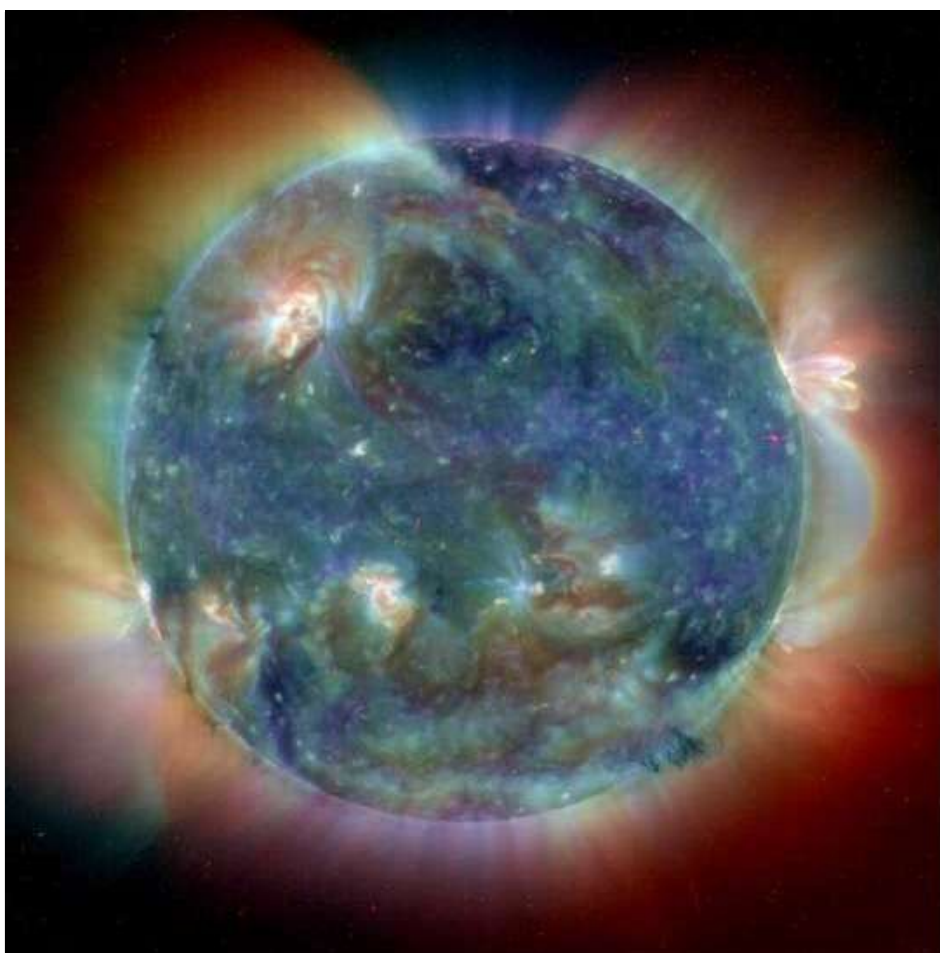
**Radim Jelínek**

Sřední škola stavební Třebíč  
Kubišova 1214/9, 674 01 Třebíč

# ENERSOL 2015



VZDĚLÁVACÍ PROJEKT NA TÉMATA OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ ENERGIE,  
ÚSPORY ENERGIÍ A SNIŽOVÁNÍ EMISÍ V DOPRAVĚ



**KRAJ VYSOČINA**



**Kategorie projektu:**

**Enersol a praxe**

**Jméno, příjmení žáka:**

**Radim Jelínek**

**Obor a ročník studia:**

**Technická zařízení budov, 3. ročník**

**Téma projektu:**

**Úspora energie při zateplení**

**Adresa partnerské školy:**

**Střední škola stavební Třebíč,  
Kubišova 1214, Třebíč**

## Adresa projektu:

**Jméno, příjmení dalších žáků podílejících se na projektu Enersol 2014:**  
Jejich učební nebo studijní obor a ročník studia:

**Jméno učitele EVVO-koordinátora projektu:** Ing. Zdeněk Michálek

**Kontakt:** Střední škola stavební Třebíč, Kubišova 1214, Třebíč

**Tel/fax:** 568 606 425

**Email:** zmichalek@spsstrebic.cz

**Webové stránky školy:** [www.stavtr.cz](http://www.stavtr.cz)

## Adresa partnerské firmy, která podpořila tvorbu projektu

**Obchodní název firmy:**

**Adresa firmy:**

**Jméno, příjmení, ak. titul konzultanta-odborníka firmy:**

**Kontakt na odborníka firmy:**

**Tel/fax:**

**Email:**

**Webové stránky firmy:**

*Práce zaslána (předložena) regionálnímu centru dne:*

*Podpis autora (při kolektivní práci hlavního gestora) projektu:*

*Podpis učitele-koordinátora projektu:*

## **Obsah**

1 Úvod.....	6
1.1 Proč jsem si vybral tohle téma.....	6
2 Teoretická část.....	6
3 Způsoby přenosu tepla.....	7
3.1 Emisivita.....	7
4 Termodiagnostika budov.....	9
4.1 Stavební termodiagnostika.....	9
4.2 IČT kamera.....	10
Materiály pro IČ optiku.....	10
5 Praktická část projektu.....	11
5.1 Porovnání konstrukce školní jídelny.....	11
5.2 termogramy.....	14
Vyhodnocení termogramů.....	14
5.3 Postup při práci s termokamerou.....	14
Termokamera FLIR T420.....	14
5.4 Moje hodnocení:.....	17
6 Obrazová příloha:.....	18

# 1 ÚVOD

V této práci jsem se zaměřil na změření úniku tepla u konkrétní části budovy Střední školy stavební Třebíč. Zaměřil jsem se na školní jídelnu. Jídelna se nachází na východ od budovy školy, je to samostatně stojící budova, která je se školou propojena chodbou. V praktické části jsem udělal porovnání mezi zateplenou a nezateplenou částí budovy, vyhodnotil jsem termogramy obvodových stěn jídelny a změřil prostup tepla. Dále jsem zpracoval energetický štítek obálky budovy a ekonomické posouzení budovy.

## 1.1 Proč jsem si vybral tohle téma

Toto téma jsem si vybral kvůli rozvinutí svých doposud získaných informací v oblasti termografie a jejich zúročení. Ve škole jsem zapsán na kroužky termografie, kde se vše naučím. Dále jezdím na ZŠ kde v 9. ročnících učím děti, jak se s termokamerou pracuje. Práci s termokamerami jsem si chtěl vyzkoušet v praxi, a tím tak získat přehled o všem, co se s nimi provádí, co všechno to obnáší a kolik toho je k vyhodnocení potřeba.

Prostřednictvím Enersolu jsem se dostal k mnoha informacím a do kontaktu s lidmi, se kterými bych se běžně nesetkal.

Svým příspěvkem v podobě projektu jsem chtěl napomoci k ochraně životního prostředí a ke snížení nákladů na vytápění budov, a tím tak ušetřit peníze a zmenšit spotřebu nerostných surovin.

# 2 TEORETICKÁ ČÁST

Tepelné záření:

- Fyzikální tělesa vyzařují tepelné záření, neboť obsahují velké množství elektricky nabitých částic s nenulovou kinetickou energií.
- Tepelné záření je statickým výsledkem velkého množství událostí, při nichž v blízkosti objektu vzniká elektromagnetické záření zapříčiněné chaotickým pohybem elektricky nabitých částic.

Využití termografie:

- Termografie se využívá nejen ve stavebnictví pro zjištění úniků tepla z budov, ale také pro hledání elektrických vedení a jejich poškození nebo hledání poruch potrubí vody v podlaze nebo ve zdi. Dále se využívá v medicíně pro detekci zánětů pod kůží nebo v záchranářství pro detekci pohybu v budově a kdekoliv jinde. Ve vojenském průmyslu se termografie využívá i jako noční vidění.

### 3 ZPŮSOBY PŘENOSU TEPLA

- Vedení (kondukce) – v pevných látkách, kapalinách a v plynech. Teplo se takto šíří v látkách všech skupenství.
- Proudění (konvekce) – v kapalinách a v plynech. Jedná se o přenos tepla usměrněným pohybem částic.
- Sálání (radiace) – není nutná přítomnost látkového prostředí a nezáleží na tom, zda teplota prostředí je vyšší nebo nižší než teplota zdroje. Záření vydává každé těleso jehož teplota je větší než absolutní nula. Na tomto principu funguje i termokamera a její snímání teplot z povrchů budov, které umožňuje infračervené záření.

#### 3.1 Emisivita

- Je jedním z faktorů které při pořizování termogramů mají vliv na celkové vyhodnocení snímku.
- Je to schopnost tělesa vyzařovat teplo a poměr energie vyzařované z povrchu objektu ve formě elektromagnetického záření k vyzařované energii černého tělesa se stejnou teplotou, jakou má daný objekt
- Čím větší je emisivita materiálu, tím menší je jeho odrazivost a pohltivost. Emisivita absolutně černého tělesa  $\epsilon$  má hodnotu  $\epsilon = 1$ .
- V praxi nemáme k dispozici těleso s  $\epsilon = 1$ , ale pouze tělesa, která se této hodnotě přibližují.

Na velikost hodnoty emisivity má vliv například:

- [teplota](#) objektu
- vlnová délka
- barva povrchu
- struktura povrchu

Tabulka emisivit při 25 °C

Materiál	emisivita
azbestová deska	0,96
beton neopracovaný	0,97
cihla, červená normální	0,93
cihla, šamot	0,85
omítnutá zeď	0,95
dřevo	0,98
hliníková fólie, nezoxidovaná	0.04

## 4 TERMODIAGNOSTIKA BUDOV

Tepelné chování budov:

- Kvalitativní určení tepelných nepravidelností v pláštích budov, infračervená metoda ČSN EN 13187

Teplotní odchylky na povrchu budov jsou ovlivněny:

- Prouděním vzduchu kolem nebo skrz plášť budovy
- Poruchami izolace
- Vlhkostí prostředí
- Hodnotou emisivity
- Pronikáním vzduchu obvodovým pláštěm

### 4.1 Stavební termodiagnostika

- Je to metoda stanovující a znázorňující rozložení teplot na části povrchu pláště budovy

Zdánlivá sálavá teplota měřené plochy:

- Je to hustota infračerveného záření, provádí se tepelný obraz (termogram)
- Intenzita obrazu je funkcí povrchové teploty, charakteristický povrch okolních podmínek a samostatného snímače.
- Výsledkem vyhodnocení intenzity obrazu je vyhodnocení termogramů

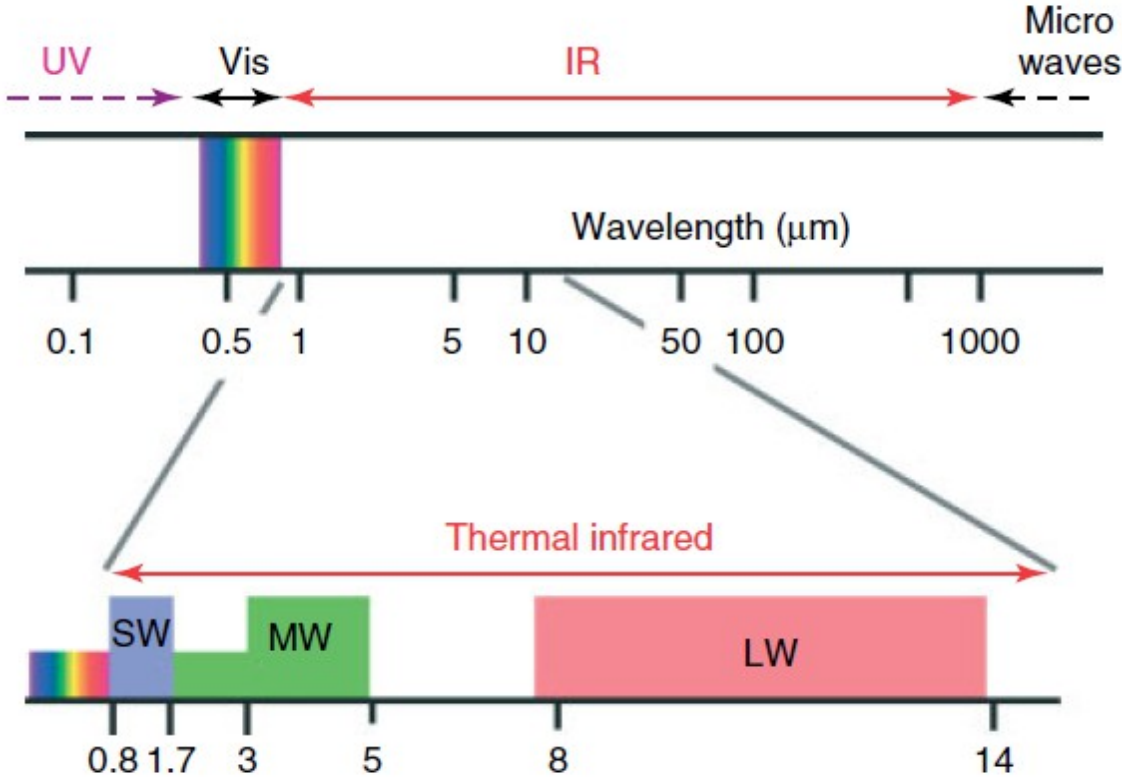
### 4.2 IČT kamera

- Je přístroj, který snímá vyzařované infračervené elektromagnetické záření z povrchu objektu a převádí jej na 2D signál (obraz), který se nazývá termogram. Intenzita signálu odpovídá rozložení zdánlivých teplot na povrchu objektů.
- Infračervené záření - část elektromagnetického spektra, které spadá do rozsahu vlnových délek 0,75 až 1000  $\mu\text{m}$ , Termografie využívá frekvenci 8 - 14  $\mu\text{m}$ .

#### Materiály pro IČ optiku

Materiál	Chemická značka	Pásmo propustnosti [ $\mu\text{m}$ ]	Odráživost
Fluorid vápenatý	CaF <sub>2</sub>	0.13 – 10	5%
Safír	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.15 – 5.5	14%
Polymer	N/A	0.15 – 22	21%
Germanium	Ge	1.8 – 23	53%
Zinc Selenide	ZnSe	0.5 – 22	29%
Fluorid Barnatý	BaF <sub>2</sub>	0.15 – 12.5	7%

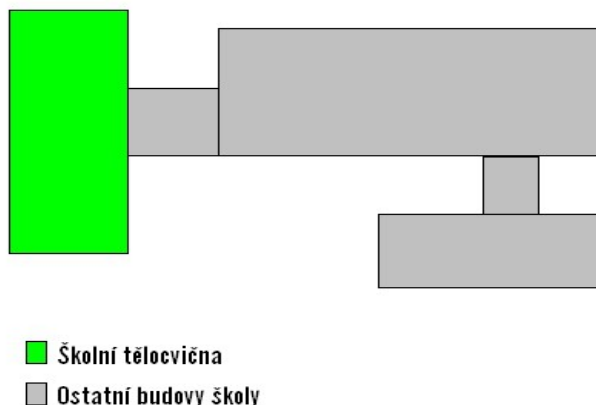
Elektromagnetické spektrum. Se znázorněním frekvence 8 - 14  $\mu\text{m}$ .





## 5 PRAKTICKÁ ČÁST PROJEKTU

V praktické části projektu jsem se zaměřil na konkrétní budovu, a tou je budova jídelny Střeni školy stavební Třebíč. Vyfotil jsem zateplenou a nezateplenou část budovy a provedl jsem srovnání úniku tepla konstrukcí mezi zateplenou a nezateplenou částí budovy. Poté jsem udělal energetický štítek obálky budovy a ekonomické zhodnocení výstavby.

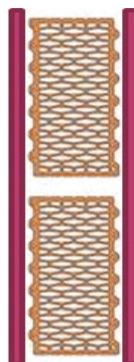


### 5.1 Porovnání konstrukce školní jídelny:

#### Před zateplením

**Skladba zdiva:**-vápenocementová omítka  
- keramické zdivo  
-vápenocementová omítka  
**Tloušťka: 450 mm**

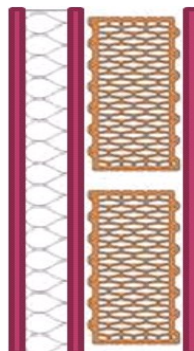
**U současné: 1,188 W/m<sup>2</sup>K**  
**U doporučené: 0,250 W/m<sup>2</sup>K**



#### Po zateplení

**Skladba zdiva:**-Vápenocementová omítka  
- Keramické zdivo  
-Izolace z ROCKWOOL 150mm  
-Vápenocementová omítka  
**Tloušťka : 610 mm**

**U současné: 0,188 W/m<sup>2</sup>K**  
**U doporučené: 0,250 W/m<sup>2</sup>K**



## Energetický štítek obálky budovy

- Energetický štítek obálky budovy je dokument podávající informaci o splnění požadavku na průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy. Energetický štítek obálky budovy obsahuje klasifikaci prostupu tepla obálkou budovy a její grafické vyjádření.

**Energetický štítek obálky budovy**  
980320 - Výukový program  
Zakázka: Jídlna1

Obálka v.1.2.0 © PROTECH spol. s r.o.  
Datum tisku: 27.1.2015

### Seznam konstrukcí posuzované části budovy

OK	U <sub>N,20</sub>	ss	Pzk	stávající stav					nový stav				
				b	U W/(m <sup>2</sup> .K)	U <sub>ekv</sub>	AR m <sup>2</sup>	H W/K	b	U W/(m <sup>2</sup> .K)	U <sub>ekv</sub>	AR m <sup>2</sup>	H W/K
SO1	0,30	J	E	1,000	5,882		71,5	420,9	1,000	0,188		71,5	13,5
SO1	0,30	Z	E	1,000	5,882		77,5	455,9	1,000	0,188		77,5	14,6
SO1	0,30	V	E	1,000	5,882		42,9	252,3	1,000	0,188		42,9	8,1
SO1	0,30	S	E	1,000	5,882		71,5	420,9	1,000	0,188		71,5	13,5
PDL1	0,45	H	Z	0,422	1,067	0,450	395,9	178,2	0,422	1,067	0,450	395,9	178,2
SCH1	0,24	H	E	1,000	0,678		292,2	198,1	1,000	0,173		292,2	50,6
OZ1	1,50	V	E	1,000	4,000		103,7	414,7	1,000	0,970		103,7	100,6
suma							1 055,3	2 340,9				1 055,3	378,8

### Výpočet podle ČSN 73 0540-2:2011

Stavba:	Jídlna SŠST	Investor:	SŠST
Místo:	Třebíč		
Zpracovatel:	Radim Jelínek		
Zakázka:	Jídlna1	Archiv:	
Projektant:	PROTECH s r.o.	Datum:	27.1.2015
E-mail:		Telefon:	

#### Jídlna

Plocha systémové hranice zóny	A	1 055,3 m <sup>2</sup>
Objem zóny	V	1 782,0 m <sup>3</sup>
Faktor tvaru budovy	A/V	0,59 m <sup>-1</sup>
Převažující vnitřní teplota v otopném období	θ <sub>m</sub>	20 °C
Venkovní návrhová teplota v zimním období	θ <sub>e</sub>	-15 °C
Součinitel typu budovy	e <sub>1</sub>	1,00

Průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy		stávající stav	nový stav
- referenční budova - vypočítaná hodnota	U <sub>em,R,20,vyp</sub>	0,48	0,48 W/(m <sup>2</sup> .K)
- referenční budova - upravená podle tab.5	U <sub>em,R,20</sub>	0,48	0,48 W/(m <sup>2</sup> .K)
- požadovaná hodnota	U <sub>em,R</sub>	0,48	0,48 W/(m <sup>2</sup> .K)
- doporučená hodnota	U <sub>em,R,rec</sub>	0,36	0,36 W/(m <sup>2</sup> .K)
Měrná ztráta prostupem tepla	H <sub>T</sub>	2 340,85	378,82 W/K
- vypočítaná hodnota	U <sub>em</sub>	2,22	0,36 W/(m <sup>2</sup> .K)
Klasifikační ukazatel	CI	4,64	0,75

Klasifikační třída	Slovní vyjádření klasifikace	Ukazatel CI (horní meze)	Slovní vyjádření klasifikace	Ukazatel CI (horní meze)
	stávající stav	V1	nový stav	V2
A	Velmi úsporná	0,50	Velmi úsporná	0,50
B	Úsporná	0,75	Úsporná	0,75
C	Vyhovující	1,00	Vyhovující	1,00
D	Nevyhovující	1,50	Nevyhovující	1,50
E	Nehospodárna	2,00	Nehospodárna	2,00
F	Velmi nehospodárna	2,50	Velmi nehospodárna	2,50
G	Mimořádně nehospodárna	>2,50	Mimořádně nehospodárna	>2,50

Referenční budova

Stanovení požadované hodnoty  $U_{em,R}$  průměrného součinitele prostupu tepla obálky referenční budovy

stávající stav

	Pzk	b	UN,20 W/(m <sup>2</sup> .K)	Urec,20 W/(m <sup>2</sup> .K)	UNekv W/(m <sup>2</sup> .K)	AR m <sup>2</sup>	HT W/K
Svislé neprůsvitné konstrukce	E	1,000	0,30	0,25		263,50	79,0
SCH1	E	1,000	0,24	0,16		292,23	70,1
OZ1	E	1,000	1,50	1,20		103,68	155,5
PDL1	zemina	1,000	0,45	0,30	0,45	395,91	178,2
celkem						1 055,32	482,86

$U_{em,R,20} = (\Sigma HT/\Sigma AR) + 0,02$	0,48	W/(m <sup>2</sup> .K)
$U_{em,R,20}$ - hodnota upravená podle tabulky 5	0,48	W/(m <sup>2</sup> .K)
$U_{em,R} = U_{em,R,20} \cdot e1 \cdot e2$ e2 = 1,25 pokud lze využít vnitřní zdroje technologického tepla	0,48	W/(m <sup>2</sup> .K)

nový stav

	Pzk	b	UN,20 W/(m <sup>2</sup> .K)	Urec,20 W/(m <sup>2</sup> .K)	UNekv W/(m <sup>2</sup> .K)	AR m <sup>2</sup>	HT W/K
Svislé neprůsvitné konstrukce	E	1,000	0,30	0,25		263,50	79,0
SCH1	E	1,000	0,24	0,16		292,23	70,1
OZ1	E	1,000	1,50	1,20		103,68	155,5
PDL1	zemina	1,000	0,45	0,30	0,45	395,91	178,2
celkem						1 055,32	482,86

$U_{em,R,20} = (\Sigma HT/\Sigma AR) + 0,02$	0,48	W/(m <sup>2</sup> .K)
$U_{em,R,20}$ - hodnota upravená podle tabulky 5	0,48	W/(m <sup>2</sup> .K)
$U_{em,R} = U_{em,R,20} \cdot e1 \cdot e2$ e2 = 1,25 pokud lze využít vnitřní zdroje technologického tepla	0,48	W/(m <sup>2</sup> .K)

<b>ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY</b>						
Typ budovy: Jídlna Posuzovaná část: Adresa budovy:				Hodnocení obálky budovy		
Celková podlahová plocha $A_c = 0.0 \text{ m}^2$				stávající stav	nový stav	
<p><b>CI</b> Velmi úsporná</p> <p>Mimořádně neekonomická</p>						
<b>KLASIFIKACE</b>				4,64	0,75	
Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy $U_{em}$ ve $W/(m^2.K)$ $U_{em} = H_T/A$				2,22	0,36	
Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla obálky budovy podle ČSN 73 0540-2:2011 $U_{em,R}$ ve $W/(m^2.K)$				0,48	0,48	
Klasifikační ukazatele CI a jim odpovídající hodnoty $U_{em}$						
CI	0,50	0,75	1,00	1,50	2,00	2,50
$U_{em}$	0,24	0,36	0,48	0,72	0,96	1,19
Platnost štítku do :			Datum:			
			Jméno a příjmení:			

## 5.2 termogramy

### Vyhodnocení termogramů

- V naší škole máme 4 termokamery, jednu starší a 3 nové. Já jsem si zvolil nejnovější a technicky nejvyspělejší termokameru, se kterou jsem vyfotil budovu jídelny. Ve speciálním programu jsem vyhodnotil termogramy a porovnal zateplenou a nezateplenou část budovy. Veškeré fotky i s popisky jsou v příloze na straně 14-16.

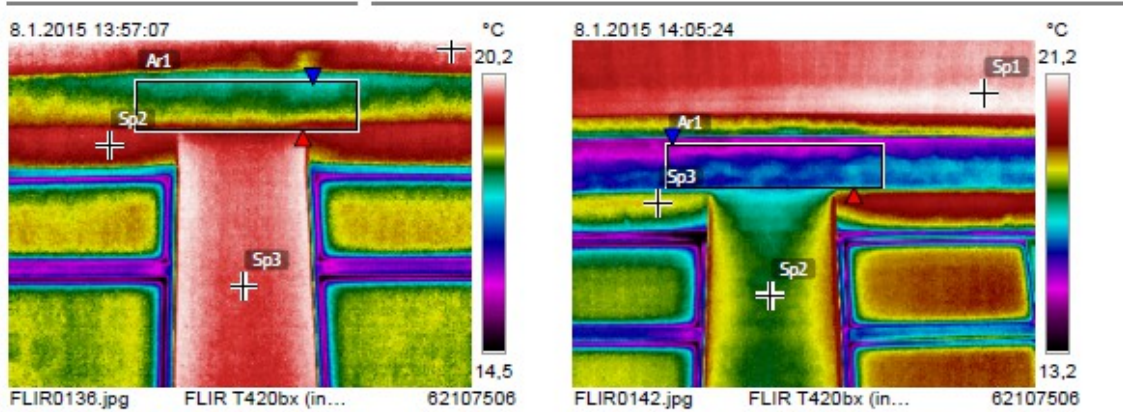
## 5.3 Postup při práci s termokamerou

- Práci s termokamerou můžeme provádět pouze za příznivých podmínek. Přesnost měření nesmí být ovlivněna nepříznivými podmínkami. Tyto podmínky znehodnocují konečné hodnoty, které vyhodnotí termokamera na svém displeji. A proto se této teplotě říká teplota zdánlivá. Každá kamera má teplotní citlivost. Termokamery ve stavebnictví mají teplotní citlivost 100 mK.

### Termokamera FLIR T420

- Rozlišení IR snímače termokamery 320 x 240 bodů, zorné pole objektivu 25°, automatické a manuální zaostření, rozsah měření teplot od -20 °C do +650 °C, teplotní citlivost lepší než 0,045 °C.

## Přílohy s vyhodnocením termogramů :

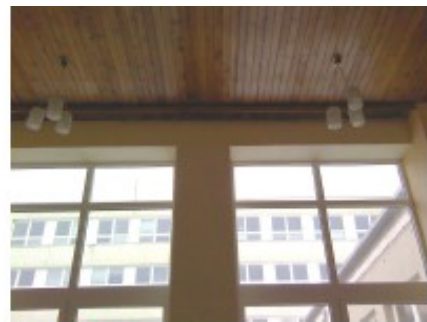


Měření		°C
Ar1	Max	19,8
	Min	17,7
	Average	18,4
Sp1		20,0
Sp2		19,5
Sp3		19,7
Parametry		
Emisivita		0,86
Odr. tepl.		20 °C

Měření		°C
Ar1	Max	17,0
	Min	14,5
	Average	16,0
Sp1		21,1
Sp2		17,9
Sp3		18,6
Parametry		
Emisivita		0,86
Odr. tepl.		20 °C



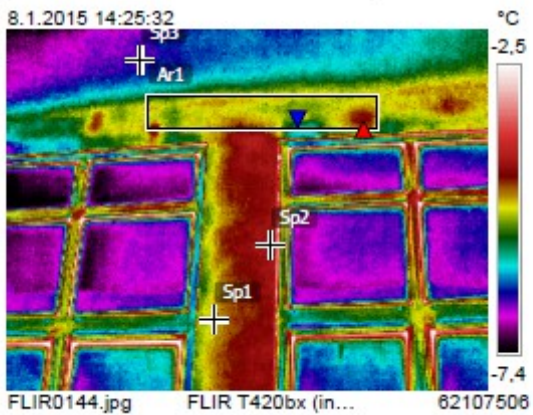
FLIR0137.jpg



FLIR0143.jpg

Na termogramu můžete podle znázorněných bodů vidět rozdíl teplot na povrchu konstrukce u zateplené a nezateplené části budovy. U zateplené části budovy je min. teplota 17,7 °C a u nezateplené části je min. teplota 14,5 °C. Což znamená, že rozdíl teplot je 3,2 °C. Dále jsem na obrázku znázornil průstup tepla překladem. Na pravém snímku si můžete všimnout, že celý tento překlad je ochlazovaný. Foto pořízeno uvnitř budovy.



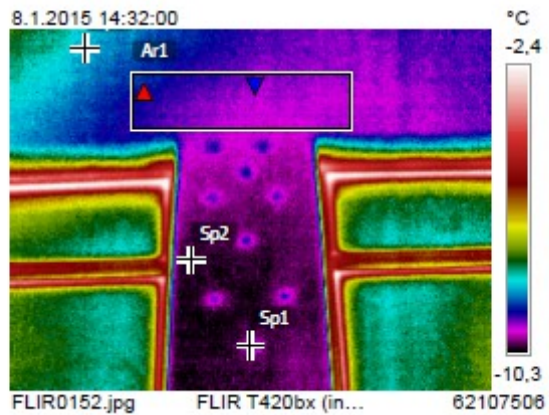


Měření °C

Ar1	Max	-4,1
	Min	-5,8
	Average	-4,9
Sp1		-4,8
Sp2		-4,1
Sp3		-6,5

Parametry

Emisivita	0.86
Odr. tepl.	20 °C

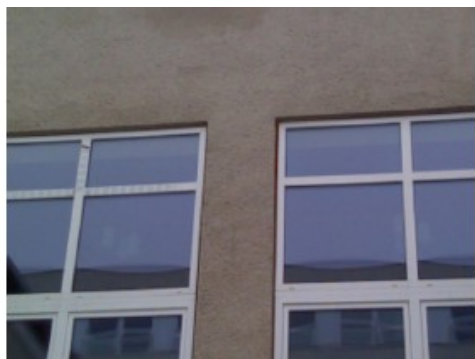


Měření °C

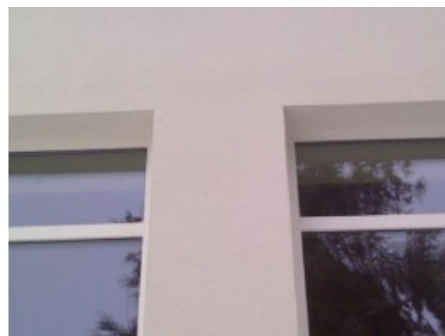
Ar1	Max	-8,8
	Min	-10,1
	Average	-9,5
Sp1		-9,4
Sp2		-10,3
Sp3		-8,4

Parametry

Emisivita	0.86
Odr. tepl.	20 °C



FLIR0144.jpg FLIR T420bx (incl W 62107506

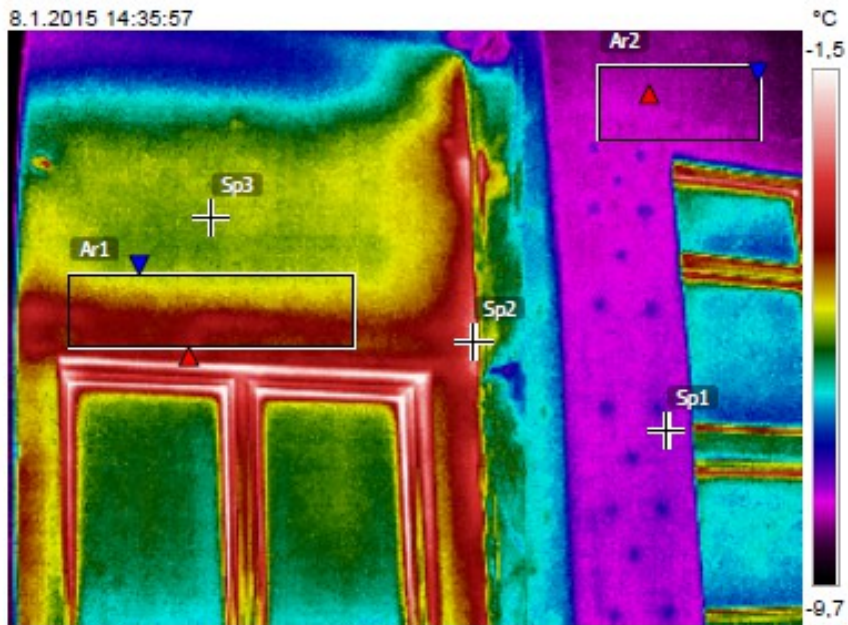


FLIR0152.jpg FLIR T420bx (incl 62107506 W

Zde jsem posoudil prostup tepla příkladem u zateplené a nezateplené části budovy. Na první obrázku je max. teplota  $-4,1\text{ °C}$  a na druhém je max. teplota  $-8,8\text{ °C}$ . To znamená, že rozdíl teplot mezi nezateplenou a zateplenou částí je  $-4,7\text{ °C}$ .



8.1.2015 14:35:57



FLIR0156.jpg

FLIR T420bx (incl W

62107506

### Měření

		°C
Ar1	Max	-3,7
	Min	-5,6
	Average	-4,6
Ar2	Max	-8,1
	Min	-9,2
	Average	-8,6
Sp1		-8,3
Sp2		-2,4
Sp3		-5,5

### Parametry

Emisivita	0,86
Odr. tepl.	20 °C

### Geolokace

Kompas	Z
--------	---

8.1.2015 14:35:57



FLIR0156.jpg

FLIR T420bx (incl W

62107506

Zde můžete vidět rozdíl teplot mezi nezateplenou částí budovy (vlevo) a zateplenou (vpravo). V obdelníku Ar1 je max. teplota -3,7 °C a v obdelníku Ar2 je max. teplota -8,1 °C. Dále si můžete všimnout viditelně zobrazený překlád, který je ochlazovaný.

Závěr:

Závěrem mé práce bylo zjištění, kolik uspoří naše škola peněz při zateplení jídelny. Z podložených informací jsem zjistil že naše škola protopila průměrně za měsíc v roce 2010 176,5 GJ, 2013 168,5 GJ. Po zateplení se spotřeba snížila na 140,5 GJ.

Tyto úspory byly vyhodnoceny a v energetickém štítku se snížila náročnost budovy z "G" na "B".

Úspory na spotřebě tepla se ještě zvýší, protože v roce 2015 je plánováno zateplit i západní stěnu. Tato západní stěna je znázorněna v termogramech se zvýšenou teplotou na vnitřním povrchu.

## 5.4 **Moje hodnocení:**

V dnešní době se lidé dívají nejvíce na finance a jak s nimi naložit. Myslím si, že nejlepší je investovat peníze tam, kde se mi vrátí a ještě na tom vydělám. Ze stavařského hlediska je to například zateplení. Proto jsem spočítal tepelné ztráty budovy, abych se dozvěděl, kolik peněz zbytečně protopím a kolik se mi jich může vrátit při zateplení.

Použitá literatura:

Centrum termografie Praha Workswell.sro

## 6 OBRAZOVÁ PŘÍLOHA:

Naše Střední škola stavbní Třebíč je zapojena do kroužku „Nejlevnější je energie, která se nevyrobí“, na kterém studenti 3. ročníků seznamují žáky základní školy se základy termograie.

ZŠ v Želetavě, kde učím děti z 9. ročníků jak zacházet s termokamerou.



ZŠ Jaroměřice

